

WORM



THE FIRST
DIGITAL WORLD WAR

蠕虫

第一次数字世界大战

[美] Mark Bowden 著
徐 彬 译
赵 捷 审



國防工業出版社
National Defense Industry Press

蠕虫

第一次数字世界大战

【美】Mark Bowden 著

徐彬译

赵捷审

国防工业出版社

·北京·

著作权合同登记 图字:军-2012-061 号

图书在版编目(CIP)数据

蠕虫:第一次数字世界大战/(美)鲍登(Bowden, M.)
著;徐彬译.—北京:国防工业出版社,2013.11
书名原文:Worm:The First Digital World War
ISBN 978-7-118-08232-6

I. ①蠕… II. ①鲍… ②徐… III. ①计算机病毒—
研究 IV. ①TP309.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 257531 号

Translation from the English language edition:

Worm:The First Digital World War by Mark Bowden

Copyright © 2011 by Atlantic Monthly Press

All Rights Reserved.

Authorized translation from English language edition published by Atlantic Monthly Press.

本书简体中文版由 Atlantic Monthly Press 授权国防工业出版社独家出版发行。

版权所有,侵权必究。

蠕虫:第一次数字世界大战 [美]Mark Bowden 著 徐彬 译 赵捷 审

出版发行 国防工业出版社

地址邮编 北京市海淀区紫竹院南路 23 号 100048

经 售 新华书店

印 刷 北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

开 本 700×1000 1/16

印 张 13¼

字 数 154 千字

版 印 次 2013 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

印 数 1-5000 册

定 价 38.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

主 要 人 物

T·J·坎帕纳 (T.J. Campana)，微软的数字犯罪调查部门的高级经理。他现在的工作地点在微软华盛顿州雷德蒙园区以外，另外是软件巨头微软派驻 Cabal 的主要代表。

约翰·克雷恩 (John Crain)，互联网域名与数字地址分配公司 (ICANN) 负责安全、稳定性和灵活性的高级总监，出生于英国。他有效地争取了世界各地的顶级域名服务商的合作，成为 ICANN 为 Cabal 贡献的干将。他住在加州长滩。

安德烈·第米诺 (Andre DiMino)，非盈利性的反僵尸网络服务商 Shadowserver 的创建者之一。他是第一个在新泽西的家中采用天坑来控制 “Conficker”，并对其进行研究的人。

罗德尼·约菲 (Rodney Joffe)，出生于南非，新星 (NeuStar) 公司的安全负责人。他现在在凤凰城，是一个成功的企业家，拥有多项专利，并且是国际知名的互联网安全专家。他目前是白宫的网络安全问题顾问，也是 Cabal (Conficker 工作组) 的官方领导者。

克里斯·李 (Chris Lee)，佐治亚理工学院的研究生，负责 Cabal 的天坑设置工作。他现在在国土安全部工作。

安德烈·路德维希 (Andre “Dre” Ludwig)，总部位于北弗吉尼亚州的继续顾问，现任新星公司的高级总裁，负责顶级域名安全事务。他负责 Cabal 内部的技术策略和技术验证问题，同时负责与电脑安全厂商联系。

拉姆西斯·马丁内斯 (Ramses Martinez), VeriSign 公司的信息安全总监。该公司在弗吉尼亚州的杜勒斯, 经营互联网的 13 个根服务器中的 2 个。

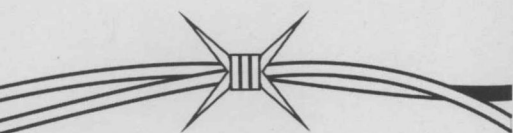
菲尔·波拉斯 (Phil Porras), 美国加利福尼亚州门洛帕克 SRI 的项目总监, 是最早研究 Conficker 的人之一, 并率先研究预测了它的行为, 为战胜它展开研究工作。

哈森·赛义迪 (Hassen Saidi), 阿尔及利亚人, 计算机科学博士, 是国际斯坦福研究所 (SRI International) 菲尔·波拉斯团队成员中负责反向工程的关键人物。他负责解剖了“Conficker”的多个变种。

保罗·图梅 (Paul Twomey), ICANN 的主任和首席执行官, 参与了对抗“Conficker”的战斗。

保罗·维克西 (Paul Vixie), 美国互联网先驱之一, 家住旧金山, 他对互联网的结构方式和 Windows 操作系统中的缺陷都持公开批评的态度。

里克·韦森 (Rick Wesson), Support Intelligence 的首席执行官, 也是 Alice 域名注册公司的所有者, 总部设在旧金山, 是 Cabal 的奠基性 (也是最具争议性) 的发起者。他发明了通过占用域名 (通过购买的方式) 来对抗“Conficker”蠕虫的方法。



CONTENTS

目 录

主要人物·····	V
1 零 ·····	1
2 MS08-067 ·····	26
3 远程线程注入 ·····	43
4 汹涌的网络犯罪浪潮 ·····	59
5 X 战警 ·····	79
6 数字侦探 ·····	89
7 战壕里发出的信息 ·····	105
8 另一个重大胜利 ·····	119
9 约菲前往华盛顿 ·····	139
10 网络末日 ·····	162
11 愚人节 ·····	181
资料来源·····	199
词 汇·····	200



1 零

新的突变体活动已记录。

——X 战警天启时代

菲尔·波拉斯的数字培养皿中的新蠕虫以通常的方式发出了自己的宣言：在他的三个电脑屏幕之一的白底上，出现了一行黑色的小字，显示的只是最基本的描述符——到达时间……服务器类型……起始点……总共有 19 列……

内容开始读取出来：

17:52:00 ... Win2K-f... 201.212.167.29

(NET.AR) : PRIMA S.A, BUENOS AIRES,

BUENOS AIRES, AR.(DSL) ...

这是 2008 年 11 月 20 日一个凉爽的晚上，地点是在门洛帕克附近。对于大多数加州人来说，此时都到了该下班的时间。刚开始，菲尔并没有注意到这个新出现的信息。每天都有几十个这样的数字感染信息出现在他的监视器上，每一次感染也都会在他的《感染日志》上留下一条简单的信息。其实，这个日志也可以称作他的“多视角恶意软件感染分析页面文件”。这已经是那天的第 137 次了。这一条信息的 IP 地址来自阿根廷。屏幕上分散显示的是感染的关键信息，大部分条目都会被立即识别出来。但是其中一列显示出这一感染对于几十家监督恶意软件（malware）的防病毒公司来说都不太熟

悉。例如，对于刚刚出现的感染信息之前的一条，33家杀毒软件厂商都熟悉。在此之前的一条，36家杀毒厂商有35家能够识别。

但是刚刚出现的这条，其识别栏中的信息却是零：37家杀毒厂商，无一家能够识别。当他第一次在自己的日志上看到这个条目的时候，正是这一点一下子吸引了他。

零。

窗外一片漆黑，但像往常一样，菲尔仍然待在一个小二层楼的办公室里。这个小楼位于斯坦福国际研究所（Stanford Research Institute International），里面满是忙忙碌碌的实验室。不远处就是斯坦福大学。在这个研究所中，到处都是平凡的三层棕褐色与栗色的小楼，呈矩形排列，中间是小停车场，里面的绿地并不多。这里是全世界的智慧中心，也是全世界研究资金最为充裕的应用科学中心。这里有大约1700名员工，是门洛帕克的第二大雇主。它的前身是斯坦福研究所，缩写为SRI，但是40年前，这一机构就脱离了斯坦福大学。在这里，想法会变成现实。这里诞生了大批的小发明，例如电脑鼠标、超声成像仪，或是微型无人驾驶飞机等。菲尔的办公室布置得很简单：一个白色真皮沙发，一盏灯，外加一张办公桌，仅此而已。桌子几乎完全被电脑的三个显示器占据了。墙上有好几块白板，上面画满了算式和原理图，以及几张二战时期战机的照片，这是他儿时的兴趣遗留下来的痕迹。从办公室的窗户向外望去，透过几根枝叶茂密的树枝，可以看见一间封闭的庭院，还有一座与他所在的楼相同的建筑。这里跟美国的任何工业园区的办公室几乎都毫无二致。但是从菲尔的办公桌后面看去，最特别的景色跟窗外的景色毫无关系。最特别的是他的这些显示器。在他的桌面上展开的一排显示器上所闪烁着五彩像素阵列，在网络空间里，这些阵列代

表的区域相当于地理空间里得克萨斯州那么大。

SRI 的首创发明之一就是互联网。该研究中心是互联网这一全球奇迹的基石。这里拥有全世界于 1969 正式联网的两台电脑中的一台。那是现如今链接着数十亿台电脑的网络中的第一链。这比美国前副总统戈尔提出家喻户晓的“信息高速公路”一词早了 20 年。互联网初创时期，每一台计算机在新生的网络中都被分配了属于自己的 32 位身份证号码，即 IP 地址，以 4 段的 1 和 0 来表示。如今的互联网，规模已经庞大到需要采用新的 128 位地址的系统。好多年前，SRI 就已经不再负责分配和维护 IP 地址，但它仍保留了网络空间中一个非常大的区域的所有权。菲尔管理的那部分相对来说不算太大，可以描述为“没啥好吹嘘的但绝难得到的”“斜线 16”——这是一整块原始的包含 65536 个独立 IP 地址的数字空间——换句话说，他所管理的 IP 地址的最后 2 个 8 位位组是可变的，因此，就有 2^{16} 种可能的地址，能够提供给潜在的希望加入其网络的电脑。按照他的话说，这给了他互联网上的一个“庞大的接触面”。他就像一个牧场主，站在自己的牧场前，面对一片辽阔的草原——正如一首乡村歌曲中所唱的，无论朝哪儿看，都是“一望无际的寂寞”，这一条件对于发现入侵者得天独厚。

菲尔的专业是计算机安全，或者说，互联网安全，因为如今不上网的电脑已经非常罕见了。每台电脑都连接到某个网络，这个网络再连接到另一个较大的网络，它又连接到一个更大的网络，依此类推，形成了一个复杂的无形的电子网络，它覆盖全球，甚至能够到达我们星系中最遥远的地方（如果你算上美国航空航天局的那些行星探测车的话，它们从太空向我们发回许多照片，给我们揭示了人类所能到达的太空最远的地方的景象）。这一巨大的网络是人类现

代史上最大的奇迹，是一种全球大脑，是运行在每个人的指尖上的世界。对于这一极具革命性价值的工具，我们自己也才刚刚开始认识到其潜在的能力——既有好的方面，也有坏的方面。

菲尔坐在电脑显示器前，不停地搜寻制造麻烦的线索。他所看到的大多数情况都很一般，属于那种几十年来不断骚扰世界各地计算机用户的恼人的病毒。这些病毒说明，任何新的工具，无论对人类有多大的帮助，也可能用于作恶。正是由于电脑病毒作怪，大家才会收到诸如“阴茎增大术”或是“尼日利亚的数百万美元的投资机会”这样的垃圾邮件。一些恶意软件设计目的是要损害或破坏你的电脑，或是威胁你它要这样做，要你来花钱购买补救措施（到头来你会发现，这都是骗局）。电脑病毒就是这样，遇到了也就认识它了。但是最新、最先进的计算机病毒，像最成功的生物病毒一样，有更大的野心，而且是隐形的设计。只有技术上最有能力、最警惕的怪才才会注意到它们。对于这些病毒，你必须主动去搜寻才能发现。

只要出现新的病毒，菲尔就会兴奋得脊椎发麻。他在加利福尼亚州惠蒂尔上高中的时候就开始用电脑了，那是1984年，他邮购了一些元件自己组装个人电脑。当时，个人电脑已经开始建立起更广阔的市场，但是仍有一些小公司乐意边缘用户提供服务。这些用户中大多数是青少年，他们对技术特别感兴趣，也特别聪明，可以订购套件自己组装机器来玩游戏，或是配置一下，使其可以完成简单的家庭或业务琐事。菲尔的父亲是一名会计师，他妈妈则经营一家养老院，他能够给他的玩具编程，使其可以处理父母每天要面对的费时而又单调的工作。但是大部分时间，他是拿电脑来玩游戏。他在高中选修了计算机课，在学校的所得跟他为学校的贡献差不多

相当。后来他上了加州大学欧文分校，遇到了一群志同道合的技术怪才，他们热衷于炫耀各自的编程技巧。当时——已经是 20 世纪 80 年代末——太阳微系统公司以“Solaris”操作系统主导了软件世界，该系统声誉卓著，声称拥有最先进的安全功能。菲尔和他的朋友那时候热衷于侵入大学实验室的终端，并相互搞恶作剧。有一些恶作剧的结果其实令人十分痛苦。受害者可能失去整个晚上的工作成果，因为他们的对手通过远程重新编程，使键盘输入的只是乱码。所以，即使在这个恶作剧阶段，菲尔对电脑战的接触也会产生实际后果。在这个世界里，你必须对操作系统有着足够的了解，才能抵御攻击，要不然就会输得很惨。

这种竞争——我要提醒各位，这些参与者，是为数很少的一群怪才，他们投入竞争的筹码都很小——尽管如此，这种竞争仍然使菲尔变成了一个在计算机安全领域非常有能力的专家。正因如此，当他毕业时，为了读研究生，他不得不四处寻找能指导他的教授。他在加州大学圣芭芭拉分校（UCSB）找到了这样一位教授。他就是理查德·凯默勒（Richard Kemmerer），是当时全美国唯一的计算机安全学者。这位教授很快就把菲尔看成了自己的同行，而不再是学生。他们在学术界所进行的黑客技术研究，包括预测入侵策略，并制定检测及抵御的方式。菲尔很快就被公认为计算机安全这一新兴领域的专家。如今，美国加州大学圣芭芭拉分校的电脑安全系统是最先进的，但在 20 世纪 90 年代初，菲尔就是这个安全系统的全部。当初，UNIX-5 声称是最安全的商业操作系统，结果菲尔找到了可以侵入它的 50 种方式。他 20 岁那年，被邀请去 SRI 参加一个计算机安全会议，他在那里首次提出了要设计一种软件，可以自动检测他的一系列令人印象深刻的攻击。他刚一完成学位，SRI 就

把他挖了去，在接下来的20年里，菲尔的专业知识与行业的发展齐头并进。

菲尔目睹了恶意软件从小打小闹变成了重大的犯罪行为。如今，恶意软件往往是由有组织的犯罪集团制作的，最近甚至由某些国家制作发布。菲尔如今已近中年，热情洋溢，皮肤呈浅棕色，脸型越来越圆，戴着似乎有点过大的窄框眼镜，有着一头浓密的棕色头发。菲尔为人非常和善。我们甚至可以说他是一个超级英雄。在网络空间中，的确是在上演坏人和好人的脑力激战。一方游弋在互联网上，实施抢劫和掠夺，另一方则要全力阻击。在这场战争中，菲尔是正义之师一方不折不扣的巨人。他的工作充满了紧迫而艰巨的挑战，胜负代价高昂，外人很少能够理解。像大多数热爱本职工作的人一样，菲尔喜欢谈及自己的工作，与人交往，跟他人解释——但结果往往是白费力：

“……我们每次到最后都是，你知道，我们最后都是让自己受到感染。就像通过沙盒网络一样。我们会执行恶意软件。查找被网络僵尸计算机操纵者利用的网络实时聊天（IRC）网站以及频道，然后跟踪它们。跟网络服务提供商（ISP）交谈；直接攻击之。搞掉对方的服务器。使IRC服务器宕机，或重新定向所有的IRC通信……”

他努力把事情说明白。他说的话充斥着短语，他试图降低自己的思维速度。但是嘴里的句子仍然来得太快，十分干脆，直指要领。你可以听出来，他说话的时候竭力要避免那些难于说清楚的领域，可是随之他会发现自己做不到，于是不可避免地，他的不可阻挡的热情开始迸发出来，最终会高速进入“网络世界”：“……IRC服务器宕机……当前UTC日期……利用缓冲区的容量……利用对等

机制……”我只想说，菲尔曾经多次遇到过人们迷惑的神情，它就像陶瓷釉一样浮在人的脸上，电脑奇客们将这种表情称为“Glaze”。每当谈话的话题转移到计算机的内部运作时，他都要面对谈话对象的那种深深的迷惑和不感兴趣的神情。

所谓的“陶瓷釉”，是每一个被叫来修理电脑故障的科技奇才都要面对的神色：“好了，伙计，你就甭跟我说什么细节了，赶快修好就是了！”大多数人，即使是受过良好教育的且具有强大的语言表达能力的人，即使是那些一天要好几个小时使用文字处理软件和电子表格工具的人，那些每天用指尖在键盘上敲击来维持自己生计的人，甚至是其生活和休闲都越来越取决于与各种软件的流畅互动的人，对于电脑到底是如何运作的，都一无所知。大型机以及操作系统和网络的内部，不仅被普通人认为是深不可测的，而且不知何故被认为是“不可知”的，甚至是“不值得知道的”——很多人都简单地将电子技术看作是某种现代化的巫术。现代世界的技术，随着电子技术的发现，出现了一个急转弯，然后加速从“电磁坡道”进入了“无可救药之境”，使日常生活与神秘的技术维度互相交织。计算机技术每天与我们朝夕相处，非常真实地存在，甚至是至关重要的，只不过同时也是……那么的不真实……正所谓虚拟现实。信号通过稀薄的空气传输。在地面的机器也没有明显的运动的部件。与这个技术维度并存的……究竟是什么？井然有序的电子组成的列车？二进制电荷？

菲尔所巡视的数字牧场呢？实际上它并不存在，当然，至少不是以沙尘和树木，以及秃鹰等形式存在。它只是以所谓的潜在能力的形式存在。像比特和字节、域名、互联网服务供应商（ISP）、IPA、RPC、P2P 协议、无限循环，以及云计算这样的概念，基本上

只有技术怪才和书呆子才懂，而且这些人对于现代文明的运作，正变得日益重要——尽管是以某种不太明显的方式——这让一些人感到些许的不安。根据定义，这些技术怪才——至少根据至今为止人们一直所持的刻板印象——是怪异的、不合群的，被认为有边缘自闭症，而且对于不属于自己部落的人来说，是完全无法理解的——他们是一种突变体，一生下来，就具有远远超出正常人的能力。在数字化时代来临之际，麻省理工学院已故的教授约瑟夫·魏森鲍姆（Joseph Weizenbaum）曾在他 1976 年出版的《电脑能力与人的理性》（Computer Power and Human Reason）一书中，描述了这一“物种”：

“在美国的无数地方，以及世界上其他所有的工业国家，只要一个地方建立起了计算机中心，都会有一批头发蓬乱，眼睛闪闪发光的男性，坐在自己的电脑控制台前，前臂一直处于紧张状态，随时准备用手指在键盘上发动攻击，其注意力之集中，跟滚动骰子的赌徒毫无二致。当他们不那么投入的时候，他们经常坐在桌前，手里拿着电脑打印出来的文件，就像学生拿着心爱的文具一样。他们一工作起来，往往连续二三十个小时都不停歇。他们的食物，如果由他们自己来安排，都是由别人给他们送来的：可乐、三明治。如果可能的话，他们会架一张婴儿床睡在电脑附近。不过睡觉也仅仅是睡几个小时，然后又返回到控制台或是拿起打印的文件来看。他们的衣服皱巴巴的，脸上胡子拉碴，头发乱糟糟，这些似乎都证明，他们对自己的身体和周围的世界完全视而不见。他们似乎完全是为了电脑而生。这些就是电脑游民，患有强迫症的程序员。他们已经成为一种国际现象。”

奇才部落（Geek Tribe）如今更是大大地扩展了，包括了更广

泛也更全面的各种性格的人——例如，菲尔高中时非常喜欢打篮球，也喜欢和女孩约会——而且现在也不再需要沉迷于“打印输出”的文件——一切都显示在屏幕上——但是这个部落仍然是国际性的，而且完全痴迷在技术之中，他们一天24小时，一星期7天，无时无刻不通过电子邮件和专用互联网聊天频道联系。从某种意义上说，这是一种绝对的平等主义。这样的奇客，可能是一个孤独少年，脸上长满雀斑，在某个郊区的地下室中面对电脑，由于太聪明了，无法在高中读书；也可能是在硅谷创业的CEO——不过，只要了解相关的东西，你也可以加入这个部落。然而不管怎样，奇客部落的上层一直都是绝对的精英；这些人可能和光顾最时尚的夜总会的人一样势利。对一些要入伙的人，他们要进行测试。比如，菲尔自己就曾有一个月的时间，被排斥在这场追击蠕虫病毒的爱好者的小圈子之外，虽然他和他在SRI的团队早在Cabal聚集之前就察觉了这一种蠕虫的存在，而且整个的追踪工作其实多仰赖于他们的工作。能够访问MONDO大型机或是具有足够的资金来源，可能会给你赢得一些优势，但是真正的追踪依赖的仍然是悟性和脑力。在某种程度上，这一部落和网络世界本身一样地虚拟。许多成员虽然彼此“相识”，实际上却可能多年都没有在现实生活中会过面。似乎在面对他的三个闪亮的显示器时，在志同道合的全球精英联邦之中，菲尔是最幸福的。

菲尔沉浸其中的世界在他1966年出生的时候，尚未以任何形式存在。在当时，将电脑连接在一起的想法，只是一个“想法”，而且是一个半生不熟的想法。这是一群在五角大楼的高级研究项目署（ARPA）工作的具有前瞻性思想的科学家的心血结晶。该机构位于五角大楼内，并接受国防部的资助，而这一事实直接导致了有关互

联网的起源的虚假故事的产生。这一错误传言说互联网是官方的和军事的项目，因此本质上是邪恶的。但是实际上，高级研究项目署是五角大楼这座建筑内最不具有军事性质的企业。其实，之所以创建并维持该机构，实际上是为了在这个基本上完全是为战争而设立的机构中，保持基本的民用研究。高级研究项目署的任务之一是承担大学的基础科学研究，支持任何明显与军事应用项目无关的公众学术研究中的科学家。因为当时的大型实验室越来越多地使用电脑，高级研究项目署的不同项目协调的一个结果是，在五角大楼的办公室里逐渐聚集了各种计算机终端，它们都连接到不同实验室的大型机上。这些终端都各不相同。它们的外观和功能都有不同，因为每一个都是针对自己的主机设计的硬件和软件的扩展。每个机器都有其自己的方法来传输和显示数据。高级研究项目署的五角大楼办公室起初真像是巴别塔一样。^①

当时的电脑非常之大，如果你要想买一台，需要有装卸码头来收货，或者需要掀掉自家房子的屋顶，用起重机吊装进去。每台机器都有其自身独特的设计和自己的语言，而且一旦在某个特别的实验室被投入到工作中，也就拥有了自己的文化，因为每一台机器都要专门进行编程和管理，用来执行它所特有的某些功能。大多数计算机都是为了军事或科学目的进行数学运算。正如许多具有巨大潜力的新发明一样，那些第一次使用计算机的人并没有立即透过自己眼前的需求，看到电脑巨大的潜力。他们只是觉得，这是一种可以计算新发射的导弹的弹道，或是计算出物理实验中亚原子粒子的可

^① 据《圣经·创世记》第11章记载，巴别塔是当时人类联合起来兴建，希望能通往天堂的高塔。为了阻止人类的计划，上帝让人类说不同的语言，使人类相互之间不能沟通，计划因此失败，人类自此各散东西。——译者注

变路径的工具。电脑对于解决大型的问题非常便捷，没有它们计算就会非常耗时，因此使得各种令人惊叹的技术成就成为可能，其中最重要的是引导六名宇航员降落到月球背部表面并安全返回。

大多数思想家都忙于思考电脑所能立即带来的奇迹；只有那些处于思考的最远边疆的人才会考虑到电脑的更广泛的可能性。例如凯蒂·哈夫纳（Katie Hafner）和马修·里昂（Matthew Lyon）在《晚睡的魔术师》（Where Wizards Stay Up Late）中所描述的高级研究项目署的科学家里克莱德（J. C. R Licklider）、鲍勃·泰勒（Bob Taylor）和拉里·罗伯茨（Larry Roberts），就认为计算机可能有一天成为人类终极的智力协助，它甚至可能有一天栖息于人类的肩膀，帮助人类做出一些必须的联想，而到那时，已经很少会有任何人类的一份子，能够拥有足够的知识、经验，或记忆，来做出这样的联想。机器可以实时连接世界各地的头脑，提供即时的概念分析，这样的思考在过去可能需要多年的潜心思考才能做到。最初的想法只是在实验室之间共享数据，但是从共享数据到共享资源只是一个小小的飞跃：换言之，就是使某个实验室里的研究人员能够利用一个遥远的实验室中的电脑的计算能力和资源库。如果某个程序已经在其他地方运行，为什么还要在自己的主机上重新编写运行程序呢？朝这一方向行动的第一步将是连接。人们必须找到某种办法，把现有的位于大学和研究中心的电脑孤岛连接成能够共同计算的整体。

这方面存在阻力。一些大型机的经营者，感觉自己拥有特权，并且固步自封，很少或根本看不到分享所能带来的优势。一方面，在大型实验室中，电脑使用机时的竞争已经非常激烈。为什么要请来更多的来自遥远地区的人来竞争机时呢？由于每个主机都使用自